

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文概要

論文題目

日中大学のエネルギー消費実態からみた
中国大学におけるエネルギーシステムの計画

Campus Energy System Plan in China
from the Comparison of Campus Energy
Consumption in Japan and China

申請者

張 健

Jian ZHANG

2018年12月

本研究では、中国の大学におけるエネルギー消費量に関する実態調査と、日本における同様の調査結果との比較検討を行うことで、今後中国における大学キャンパスの新設に向けて、どのようなエネルギーシステムを構築することが望ましいかを検証することを目的とする。

まずは、省エネルギー先進国である日本を対象として、大学でのエネルギー消費の現状、エネルギーシステムのあり方を調査する。その次に、天津市商業大学宝徳学院キャンパスのエネルギー消費の実態を調査する。そして、日本と中国の大学におけるエネルギー消費構造の違いを確認し、最後に両国の大学キャンパスでのエネルギー消費実態に関する比較を通じて、天津市商業大学宝徳学院の新キャンパス計画をケーススタディとして中国の大学におけるエネルギーシステムを提案する。

第1章 序論では、中国教育部の教育統計データに基づいて1949年から2014年までの中国における高等教育（大学）の発展概要を調べ、大学設置状況の推移を分析した。1949年に全国で僅か205大学であるが、2014年に全国では普通大学だけでも2529大学が存在する。さらに、2000年から民営大学が新たに高等教育に参画している。2014年に民営大学は728大学に達している。大学の増加に伴い、大学生の人数も著しく増加している。1949年時点で全国の普通大学では、学部生の人数が僅か11.7万人であるが、2014年に全国の学部生人数が3135万人になり、このうち民営大学の学生数は全国の18.7%を占める。一方日本では、大学は国立大学、公立大学と私立大学の三種類ある。文部科学省の文部科学便覧で確認すると、1948年では、現在の新制国立大学はまだ設置されておらず、公立大学1校と私立大学11校の合わせて僅か12校が存在する。2015年現在では全国の大学は779校まで増加している。その内、国立大学は86校、公立大学は89校で、それぞれ約11%ずつ占め、私立大学は604校で、最も多く全体の78%を占める。日本の大学の学生数は、2015年に286万人に達している。

第2章では東京工科大学におけるエネルギー消費について調査した。

東京都郊外に位置する東京工科大学八王子キャンパスを対象とし、電力及び空調に係るエネルギー使用の実態を調査した。八王子キャンパスでは情報メディア、コンピューターサイエンス、バイオ関連専門の教室、研究室が設置され、1986年に導入されたCGS（コジェネレーションシステム）により建物に冷温水が供給されている。八王子キャンパスにおける建物の電力、冷熱量の使用実績値から、CGSの季節運転特性、エネルギー消費量及び自家発電と商業電力の消費を調査し、エネルギー消費構造を分析した。また、外気温度、システムの運転時間などを用いて空調用冷熱消費量の予測方法を提案し、運転効率の改善に寄与することを確認した。

第3章では、工学院大学におけるエネルギー消費について調査した。

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波が発生した。地震及び津波発生後、各地の原発が定期検査などで相次ぎ停止となった後、再稼働を巡る議論が現在も行われている。既存建物にとって、夏期における最大消費電力の削減、節電の対策を探るのは喫緊の問題である。本章では、震災前後のエネルギー消費量の着目し、BEMSが導入された超高層大学施設を対象として、照明、コンセント、空調動力、冷熱消費量、その他の電力消費量、そして夏季の省エネルギー対策を調査した。震災前後における夏期の節電実態を明らかにし、時刻別のエネルギー消費量に基づく電力・冷熱の負荷パターン、エネルギー消費の特徴を抽出した。また、省エネルギー対策の実施効果、特に空調動力の節電効果を解析し、調査対象施設における省エネルギー対策の有効性を検証した。

第4章では、天津商業大学宝徳学院におけるエネルギー消費について調査した。

天津商業大学宝徳学院は天津市第三大学区に位置する。1999年に天津商業大学と天津モルガン教育管理コンサルティング有限公司による共同出資で設立された。2004年に中国教育部に初めて認められた民営大学の一つであり、4年制の総合大学である。大学の敷地面積は14万㎡、2015年に教職員は543名で、総学生数は約7108人である。対象大学は積極的に省エネルギー・節水に取り込んでいるため、2014年における一人当たりの電力消費量は434.8kWhとなっている。同規模の天津農学院(学生数9,000

名)は644kWhになっており、対象大学の電力消費量は少ない。2014年における一人当たりの水消費量は22 m³である。同規模の天津理工大学中環信息学院は32.2 m³、天津農学院は36.9 m³になっており、対象大学の水消費量が最も少なくなっている。

第5章では、日本と中国の大学におけるエネルギー消費構造を比較した。

今回調査した日本の両大学は地域熱供給エネルギーセンターからの冷温水を利用して、年間を通して建物の冷暖房を行われている。天津商業大学では、地域熱供給により暖房を実施しているが、冷房用空調設備は一部の部屋に限定されている。エネルギー消費量を比較してみると、現時点では日本の大学のエネルギー消費量の方が多いことが確認できる。特に、工学院大学のエネルギー消費量は1591.1MJ/m²、電力消費量は100kWh/m²となり、一般的なオフィスビルに同等である。東京工科大学の電力消費量は約94.4kWh/m²(建物合計面積201,555 m²で計算)であり、熱消費量約211.7MJ/m²である。天津商業大学の電力消費量が最も小さく、教室棟・管理棟は19.8kWh/m²、学生寮が30.5kWh/m²である。暖房用熱消費量は計量していないため、エネルギー消費量に含まれていない。尚、現状では学生数に対して教育施設が少ない。冷房用空調設備は一部の部屋に限定されているため、電力消費量がやや小さいと考えられる。今後は、教育施設の拡大、冷房用施設の拡充に伴い、大学のエネルギー消費量が増加すると予想される。

第6章では、宝徳学院新キャンパスにおけるエネルギーシステムの計画を立案した。天津商業大学宝徳学院新キャンパス計画に基づいて、各建物の空調負荷と最大熱負荷を計算した。キャンパス全体の冷房負荷は12,615.6GJ/年、暖房負荷は10185.6GJ/年となる。また、学生人数、入浴率などに基づいて年間給湯負荷も予測した。将来的には、学生数が9,000人になった場合、年間給湯負荷は2,640GJとなる。更に、教育環境の改善、知的生産性の向上に関する取り組みの推進に伴い、大学での冷熱需要は今後も増える傾向にある。前述したように、東京工科大学では地域エネルギーセンターが設置されており、ガスCGSにより電力、熱(冷熱)をキャンパス内の複数建物に供給している。工学院大学では、新宿地域エネルギーセンターより冷熱・温熱が供給されている。夏季、中国の熱供給会社は休止状態にあり熱供給は行っていない。地域冷房を稼働することは、熱供給会社の設備及び地域導管などのインフラの休止状態を解消すると同時に、熱需要家にとっても個別冷房熱源機器への投資が節約でき供給サイド、需要サイドの両者にメリットがある。新キャンパスでは、地域エネルギーセンターから冷熱・温熱を受け、エネルギーシステムを構築することを目指した。大学付近の地域エネルギーセンターより蒸気、冷水が供給されると想定し、キャンパス内にサブプラントを設ける。サブプラントでは、主に熱交換器、搬送用ポンプなどを設置し、教室、管理棟、図書館、宿舍及び浴室に温熱・冷熱を供給する。各建物の空調端末機器としては、ファンコイルユニットを利用する。外気処理のための外調機も導入する。さらに、スマートメーターを利用するエネルギー計量と環境管理システムを提案した。エネルギー計測と環境管理の連携により、キャンパスにおけるエネルギー管理の質向上とエネルギー消費量の削減を期待した。

第7章では、各章における結論を総括した。低炭素社会の実現に向けて、中国の大学にとって、既存のエネルギーシステムには大きな課題がある。日本の先進的な事例を参考し、地域冷暖房施設の導入、エネルギー計量と環境管理システムの連携が解決策の一つと考えられる。本論文の研究成果を生かし、パイロット事業として、天津商業大学宝徳学院新キャンパスにおける省エネルギー型システムの実現に向けての取り組みをさらに推進する予定である。

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏 名 張 健 印

(2018 年 12 月 1 日現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文 (査読付き)	<p>■ 日本建築学会論文集収録論文</p> <p>○[1] 超高層大学におけるエネルギー消費に関する調査－東日本大震災前後夏期におけるエネルギー消費量の比較、日本建築学会環境系論文集, Vol. 79 (2014) , No. 699, pp.451-458、張健、許雷、中島裕輔、高口洋人</p> <p>○[2] コージェネレーションシステムを用いた大学キャンパスにおけるエネルギー調査－需要側の電力消費量の実態 その 2－、日本建築学会環境系論文集, Vol. 77 (2012) , No. 673, pp.185-192、張健、許雷</p> <p>○[3] 「コージェネレーションシステムを用いた大学キャンパスにおけるエネルギー調査」－コージェネレーションシステムの運転実態 その 1、日本建築学会環境系論文集, Vol. 75 (2010), No. 654, pp.759-765、張健、許雷</p>
学会発表	<p>■ 国際会議、国内シンポジウム、米国 or アジア or 欧州内シンポジウム等 Proceedings に掲載された論文</p> <p>[1] Research on Building Energy Consumption and Sustainability Development in China-Heating Energy Consumption and Related Policies in North China, Journal of the Human-Environment System, Vol.15, No.1, pp.31-34,2012, Lei Xu, Jian Zhang</p> <p>[2] Report on Building Energy Consumption and Related Policies in China, Proceedings of AIUE2012, 9th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, 175-178, Nov. 17-19, 2012, Taipei, Jian Zhang, Lei Xu</p> <p>[3] Research on the Energy Consumption of Technology Campus, Proceedings of AIUE2008, 5th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, 214-217, Nov. 24-26, 2008, Toyama, Japan, Jian Zhang, Kozo Nakajima</p> <p>[4] 理工系キャンパスにおけるエネルギー消費量の実態調査 その 2 時刻別エネルギー消費パターンについて、2008 年度日本建築学会学術講演梗概集.D-1, pp.733-734, 2008-07-20, 張健、中嶋浩三</p> <p>[5] 天津の大学キャンパスにおけるエネルギー消費の実態調査、日本建築学会関東支部研究報告集 I (78), pp.557-560, 2008-02-28, 張健</p> <p>[6] 理工系キャンパスにおけるエネルギー消費量の実態調査、2007 年度日本建築学会学術講演梗概集.D-1, pp.859-860 2007-07-31, 張健、中嶋浩三</p>